

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/2/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

009770066 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1994-049917/199407

XRPX Acc No: N94-039308

Honing process and tool for finishing cylinder bores of IC engines, etc.

- involves traversing hone through cylinder without rotation so that

honing marks are parallel to cylinder axis

Patent Assignee: KUHN H (KUHN-I); NAGEL MASCH & WERKZEUGFABRIK GMBH  
(NAGE-N)

Inventor: KUHN H; NAGEL W

Number of Countries: 001 Number of Patents: 002

Basic Patent:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
✓ DE 4226335	A1	19940210	DE 4226335	A	19920808	199407 B

Priority Applications (No Type Date): DE 4226335 A 19920808

Abstract (Basic): DE 4226335 A

The hone is traversed axially through the cylinder without significant rotation so that the honing marks produced on the surface are essentially parallel to the cylinder axis. It consists of abrasive coated segments (19) separated by small gaps (20) around the circumference. The segments, which are compliant and have slightly less curvature than the bore to be housed, can be expanded against the cylinder wall by a cone wedging system (17,18).

The hone can be rotated through a small angle during axial traverse to cover the gaps (20) around the circumference, or it can be angularly indexed at the end of a traverse. Honing may initially be done conventionally and the rotational movement is switched off at the final stage.

USE/ADVANTAGE - Mfr process for IC engine gives longer cylinder and ring life with reduced friction and emission of pollutants. Greater engine efficiency is obtained.

Dwg.2/5

Title Terms: HONE; PROCESS; TOOL; FINISH; CYLINDER; BORE; IC; ENGINE;  
TRAVERSE; HONE; THROUGH; CYLINDER; ROTATING; SO; HONE; MARK; PARALLEL;  
CYLINDER; AXIS

Derwent Class: P61; Q52; Q57; Q65

International Patent Class (Main): B24B-033/02

International Patent Class (Additional): B24B-033/08; F02F-001/00;

F15B-015/14; F16J-010/04

File Segment: EngPI

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(21) Aktenzeichen: P 42 26 335.2  
(22) Anmeldetag: 8. 8. 92  
(43) Offenlegungstag: 10. 2. 94

**DE 42 26 335 A 1**

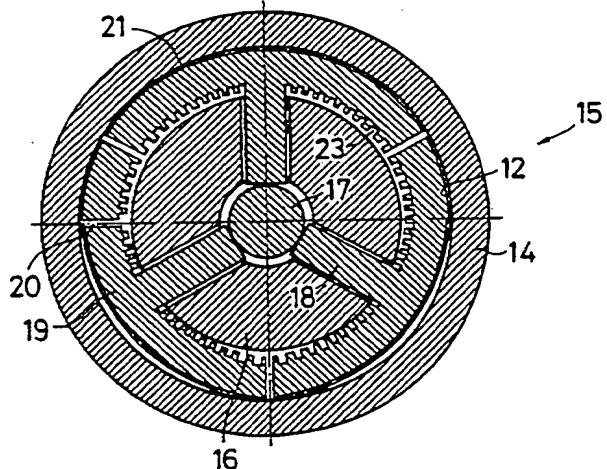
(71) Anmelder:  
Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH,  
72622 Nürtingen, DE; Kuhn, Hans, 50825 Köln, DE

(74) Vertreter:  
Ruff, M., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Beier, J., Dipl.-Ing.;  
Schöndorf, J., Dipl.-Phys.; Mütschele, T.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70173 Stuttgart

(72) Erfinder:  
Nagel, Wolf, Dipl.-Ing., 7440 Nürtingen, DE; Kuhn,  
Hans, 5000 Köln, DE

(54) Honverfahren und -werkzeug zum Honen von Zylinder-Innenflächen

(57) Statt der bisher üblichen normalen Bearbeitung von Zylinderlaufflächen von Kolben-Arbeitsmaschinen wird eine Honbearbeitung ohne Rotationsanteil zumindest als Schlußbearbeitung durchgeführt, so daß die verbleibenden geringfügigen Honspuren längs verlaufen und somit ein verbessertes Einlaufverhalten im Zusammenwirken mit den Kolbenringen erlauben.  
Ein dazu vorgeschlagenes Honwerkzeug hat einen großen Umfangsabschnitt einnehmende Honsegmente, die vorzugsweise so federnd ausgebildet sind, daß sie sich der Zylinderlauffläche selbsttätig anpassen.



**DE 42 26 335 A 1**

## Beschreibung

Bohrungen, insbesondere die Innenflächen von Zylindern, wie Arbeitszylindern von Kraft- und Arbeitsmaschinen, werden zur Schaffung einer bestimmten Oberflächengüte und -struktur gehont. Es wird dabei streng darauf geachtet, daß die bei der üblichen Honbearbeitung infolge der gleichzeitigen Dreh- und Axialbewegung der Honwerkzeuge entstehenden Kreuzspuren vorliegen, wobei diese üblicherweise einen Kreuzungswinkel zwischen 30 und 90° aufweisen.

Die Hon-Kreuzspuren, die in der Oberflächenstruktur erkennbar bleiben, sind dafür gedacht, "Öltaschen" zu bilden, die eine bessere Haltung des Schmieröles an der Oberfläche des Zylinders ermöglichen und somit den Verschleiß herabsetzen sollen. Durch diese Honbearbeitung konnte die Standzeit von Kraft- und Arbeitsmaschinen, insbesondere von Verbrennungsmotoren, trotz erhöhter Drehzahlen und Kolbengeschwindigkeiten wesentlich erhöht werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine weitere Verbesserung der Standzeiten, insbesondere der mit den Innenflächen zusammenwirkenden Bauteile, wie Kolbenringe, zu bewirken. Möglichst soll auch eine Verbesserung in Richtung auf geringere Reibungsverluste und verringerten Schadstoffausstoß erreicht werden.

Diese Aufgabe wird durch die Ansprüche 1, 5 und 12 gelöst.

Durch das Axialhonen der Zylinderinnenflächen, d. h. ein Honen mit einer weit überwiegend in axialer Richtung verlaufenden Bearbeitungsbewegung, verlaufen nunmehr die Honspuren auf der Zylinderinnenfläche axial. Erstaunlicherweise hat sich gezeigt, daß trotz des Fehlens der "Öltaschen", die bisher als unabdingbar für einen einwandfreien Betrieb galten, die Standzeiten bisheriger Ausführungen noch übertroffen werden können. Vor allem sind damit auch geringere Reibungsverluste verbunden, die zu geringeren Energieverlusten und damit bei Verbrennungsmotoren zu geringerem Verbrauch und Schadstoffausstoß führen. Der Schadstoffausstoß wird auch durch geringere Schmierstoffverbrennung verringert, weil der Schmierstoff auf den axial gehonten Zylinderlaufbahnen besser von Öl abstreiften oder dgl. abgestreift werden kann und somit nicht in den Verbrennungsbereich gerät. Die geringere Reibung führt auch zu geringerer Temperaturentwicklung in der Zylinderlaufbahn und vor allem in den damit zusammenarbeitenden Kolbenringen. Es kann daher unter günstigen sonstigen Bedingungen sogar möglich sein, weniger Kolbenringe zu verwenden, d. h. zwei statt der üblichen drei.

Obwohl bisher die "Öltaschen" für so wesentlich gehalten wurden, daß z. B. bei verchromten Zylinderlaufbahnen künstlich Vertiefungen eingearbeitet wurden, bildet sich bei der längsgehonten Zylinderlaufbahn wegen der fehlenden Querriefen eine Art "Aquaplaning"-Verhalten, weil das Öl nicht in den Riefen seitlich weggedrückt werden kann, so daß schon geringere Schmierstoffmengen ausreichen. Die mit dem Zylinder axial oszillierend zusammenwirkenden Bauteile, wie Kolben und Kolbenringe, können, insbesondere bei entsprechender Werkstoffanpassung, eine Mikroform annehmen, die der axialgehonten Fläche entspricht. Es kann sich also in relativ kurzer Zeit und ohne wesentlichen Verschleiß ein Einschleif- oder Einlaufvorgang abspielen, bei dem die beiden gleitend miteinander zusammenwirkenden Teile ideal aufeinander abgestimmt werden. Dies ist bei den bisher gehonten Flächen durch den

Kreuzschliff nicht in dem Maße der Fall, zumindest aber durch die "Feilenwirkung" der Honriefen nur unter großem Verschleiß möglich.

Hydraulik-Kolbenstangen sind bereits an ihrer Außenfläche axial gehont worden, um die mit ihnen zusammenwirkenden Gummimanschetten zu schonen. Dabei ging es aber weder um die Probleme der Ölhaltung noch um die Bearbeitung von Bohrungsinnenflächen.

Das Axialhonen wird vorzugsweise ganz ohne Bearbeitungsbewegung in Umfangsrichtung durchgeführt. Um eine gewisse Vergleichsmäßigung sowohl bezüglich der Makroform des Werkzeugs als auch der Mikrostruktur der Honbeläge zu bekommen, kann ein Honwerkzeug während der Bearbeitung oder vorzugsweise nach einigen Bearbeitungshüben unter Entlastung vom Arbeitsdruck, also ohne Umfangsriefen zu hinterlassen, in eine andere Umfangsposition gedreht werden. Je nach den Anforderungen ist es auch möglich, das Axialhonen mit außerordentlich kleiner rotativer Komponente durchzuführen, so daß die Bearbeitungsspuren kaum merklich von der reinen Axialrichtung abweichen.

Es ist ferner möglich, das Axialhonen als einen Schluß-Arbeitsgang einem normalen Honarbeitsgang nachzuschalten. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn durch die Honbearbeitung andere Bearbeitungsspuren oder -ungenauigkeiten ausgeglichen werden sollen. Durch die überlagerte Axial- und Rotationsbewegung beim üblichen Honen ist der Materialabtrag größer. Durch den nachgeschalteten Axial-Honvorgang kann dann trotzdem die Axialstruktur der Oberfläche erzeugt werden oder einer Kreuzstruktur so überlagert werden, daß sich die Vorteile beider Verfahren und Strukturen miteinander kombinieren.

Das erfindungsgemäße Honwerkzeug ist so ausgebildet, daß seine Honsegmente sich in ihrer Umfangskontur an die Kontur der Bearbeitungsflächen anpassen. Dies ist zum einen wichtig für die Anpassung des Werkzeuges an den jeweiligen Bearbeitungsdurchmesser, vor allem aber auch bei der Bearbeitung aufeinanderfolgender Werkstücke, die im Rahmen der Bearbeitungstoleranzen unterschiedliche Bohrungsdurchmesser und/oder Formen haben. Die Anpaßbarkeit der Honsegmente vermeidet dabei, daß bestimmte Bereiche der Honsegmente, beispielsweise die Außenkanten oder der Mittelbereich, stärkere Anpreßdrücke erhalten als die übrigen Bereiche und somit eine über den Umfang ungleichmäßige Bearbeitung erfolgt, die beim normalen Honen durch die rotative Komponente ausgeglichen wird. Diese Anpassung kann durch eine elastische Ausbildung der Honsegmente erfolgen, die so abgestimmt ist, daß die Segmente unter dem Bearbeitungsdruck gleichmäßig nachgeben und damit gleiche Bearbeitungsdrücke hervorrufen. So kann beispielsweise bei einem Honbelag, der einen relativ großen Umfangsbereich, beispielsweise ein Viertel des Kreisumfangs, umfaßt und in der Mitte an einer Anstellvorrichtung abgestützt ist, die Elastizität zum Rande hin größer werden, um die von den Außenbereichen ausgeübte Hebelwirkung und die durch Wölbung veränderten Andruckverhältnisse auszugleichen. Die elastische Gestaltung der Honsegmente kann beispielsweise durch Einschnitte an ihrer Rückseite erfolgen, könnte aber auch einzeln abgeförderte Honsegmente geschehen.

Obwohl die Anpassungsprobleme bei schmaleren Honsegmenten geringer sind, ist es bevorzugt, die Honsegmente sehr großflächig zu gestalten, beispielsweise mit nur vier oder sechs Segmenten am Umfang, weil dadurch weniger Lücken zwischen den Segmenten auf-

treten, die beim Axialhonen unarbeitete Stellen hinterlassen. Dies kann allerdings durch ein mehrfaches Weiterdrehen des Honwerkzeugs während der Gesamtbearbeitung, durch Schräganordnung der Lücken bzw. Segmente oder durch die Anordnung in Achsrichtung aufeinanderfolgender Gruppen von Honwerkzeugen mit versetzten Lücken ausgeglichen werden.

Ein Zylinder, insbesondere ein Arbeitszylinder von Kraft- und Arbeitsmaschinen, und ganz besonders bevorzugt für Verbrennungskraftmaschinen, der erfundungsgemäß in Axialrichtung verlaufende Honsspuren aufweist, trägt wesentlich zur Verbesserung der Standzeiten und vor allem zur Senkung des Energie- und Schmiermittelverbrauchs sowie von Schadstoffen bei.

Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a die Bearbeitungsspuren einer üblichen Honbearbeitung auf einer bearbeiteten Fläche,

Fig. 1b die Bearbeitungsspuren auf einer erfundungsgemäß bearbeiteten Zylinder-Innenfläche,

Fig. 2 einen schematischen Querschnitt durch ein Honwerkzeug,

Fig. 3 und 4 schematische Seitenansichten von Ausführungsformen von Honwerkzeugen und

Fig. 5 einen vergrößerten Teil-Querschnitt durch einen Kolbenring.

Übliche Honwerkzeuge bearbeiten eine Bohrung mit einem bohrungsfüllenden Werkzeug in einer überlagerten Dreh- und Hubbewegung, wobei die beiden Bewegungskomponenten etwa gleich groß sind. Dadurch entstehen auf der Werkstückoberfläche kreuzförmige Bearbeitungsspuren, die sich unter einem Winkel  $\alpha$  in der Größenordnung von 45 bis 90°, vorzugsweise 60° kreuzen (Fig. 1). Üblicherweise wurde beim Vorhonen der Winkel größer gewählt, d. h. dort waren Umfangs- und Hubgeschwindigkeit etwa gleich, während zur Erzeugung der endgültigen Oberfläche die Hubgeschwindigkeit im Vergleich zur Umfangsgeschwindigkeit reduziert wurde. Damit sollte die Oberfläche verbessert und Makro-Ungenauigkeiten vermieden werden.

Die Erfindung geht nun den entgegengesetzten Weg und schlägt vor, die Honbearbeitung beim abschließenden Honvorgang statt mit größerer Umfangskomponente axial vorzunehmen, so daß schließlich Bearbeitungsspuren 11 auf der Werkstückoberfläche 12 entstehen, die möglichst genau parallel zur Achse 13 der Zylinderinnenbohrung verlaufen (Fig. 2). Bei dem Werkstück 13 handelt es sich um einen Zylinder 14 eines Verbrennungsmotors, der mit einem Kolben und darauf angeordneten Kolbenringen gleitend zusammenarbeitet.

Die Bearbeitungsspuren 11 auf der Oberfläche 12 haben zwar, da es sich beim Honen um eine Feinbearbeitung handelt, nur eine Tiefe in der Größenordnung von  $\mu m$ , bestimmen jedoch das Einlauf- und Dauerverhalten.

Im Gegensatz zu den üblichen Honverfahren kann bei der Erfindung mit überlagerter Umfangs- und Honbewegung vorgeholt werden, während dann die Schlüßbearbeitung mit rein axialer Führung des Honwerkzeuges erfolgt. Dies ist der Tendenz üblicher Hon-

verfahren entgegengesetzt. Damit wird eine Vergleichsmäßigung der Umfangsrichtung bereits beim Vorhonen erzeugt und die für die Funktion wichtige Oberflächenstruktur mit längsverlaufenden Erarbeitungsspuren wird im nachfolgenden Schlüß-Bearbeitungsgang erzeugt.

Besonders bevorzugt ist es, wenn das Honen ganz ohne Umfangsbewegung erfolgt. Verbesserungen können allerdings auch schon erzielt werden, wenn die Umfangsbewegung sehr gering ist, beispielsweise nicht mehr als ein Hundertstel der Axialbewegung beträgt. Bevorzugte Bearbeitungsgeschwindigkeiten sind etwa 10 bis 50 m/min in Axialrichtung, vorzugsweise 15 bis 30 m/min, während Umfangsgeschwindigkeiten unter 1 (0,1) m/min liegen sollten. Es kann auch ein mehrstufiger oder auch stufenloser Übergang zwischen dem Vorhonen mit Umfangsbewegung und der Endbearbeitung weitgehend ohne Umfangsbewegung erfolgen, indem die Umfangsgeschwindigkeit stufenweise oder kontinuierlich immer weiter reduziert wird. Durch die Überlagerung der Bearbeitungsspuren (Kreuz- und Axial-) wird, insbesondere, wenn das Vorhonen mit Kreuzspuren mit einer weniger feinen Schleifmittelschicht erfolgt, eine "Plateauwirkung" erzielt, d. h. das feinere Werkzeug arbeitet die darunterliegenden Kreuzspuren an ihrer Oberfläche ab und schafft dort eine axiale Bearbeitungsspurenbahn, während die verbleibenden Vertiefungen vom Vorhonen noch Öltaschen bilden, falls diese für erforderlich gehalten werden.

Durch die hervorragenden Gleiteigenschaften im Zusammenwirken mit den darauflaufenden Kolbenringen ist es allerdings möglich, auf eine bewußte Ölhaltung an der Zylinderoberfläche zu verzichten, so daß das Ölbett besser abgestreift wird und daher im Verbrennungsraum weniger verbrannt wird.

Fig. 2 zeigt ein Honwerkzeug 15, das speziell zum Axialhonen vorgesehen und als Segmentwerkzeug ausgebildet ist. Es hat einen Werkzeugkörper 16, in dessen Innenbohrung ein Aufweitkonus 17 läuft, der über Betätigungskeile 18 Schneidbelagträger, im folgenden als Honsegmente 19 bezeichnet, zur bohrungsfüllenden Bearbeitung anstellen kann. Die beim Ausführungsbeispiel vorgesehenen drei Honsegmente schließen mit relativ geringen Zwischenräumen 20 aneinander an.

Die Honsegmente 19, die eine möglichst großflächige, in Umfangsrichtung möglichst ununterbrochene Schleifmittelschicht 21 aufweisen, sind derart federnd ausgebildet, daß sie in ihren von den Aufweitkeilen 18 entfernten Außenbereichen 22 federnd nachgeben können. Diese Federung oder Elastizität ist so bemessen, daß, auch unter Berücksichtigung der sich durch die Krümmung des Segments ergebenden Kräfteverhältnisse, bei der üblichen Bearbeitungskraft eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung über die gesamte Segmentfläche ergibt. Die Federung ist im vorliegenden Beispiel durch rückwärtige Einschnitte 23 des Honwerkzeuges gebildet, die im wesentlichen axial verlaufen und, abhängig von ihrem Abstand von der Unterstützung durch die Aufweitkeile 18, unterschiedlich tief sein können. Es sind auch andere Federungsmöglichkeiten denkbar, beispielsweise durch elastische Zwischenlagen.

Fig. 2 zeigt in der oberen Hälfte die an die Bohrungswandung angelegten, d. h. angestellten Segmente 19, während in der unteren Hälfte die Segmente 19 gerade erst beginnen, sich anzudrücken. Sie haben daher noch eine geringere Krümmung als die Bohrungswandung. Sie passen sie erst unter der Anstellkraft an.

Besonders bevorzugt sind Schleifbeläge aus Bornitrid (CBN) oder Diamantbeläge. Es werden dadurch sich an die Bohrungsform selbst anpassende Schneidbeläge geschaffen, die vor allem auch Durchmessertoleranzen ausgleichen.

Es können in Umfangsrichtung schräge und/oder pfeilförmige Spanabfuhrnuten vorgesehen sein.

Bei diesem Werkzeug sollte, sofern mit genau axialer Bearbeitungsrichtung gearbeitet wird, ein stufenweiser Umfangsversatz vorgesehen werden, wozu vorzugsweise die Honbeläge durch Zurückziehen des Aufweitkonus 17 kurz entlastet werden, bevor das Honwerkzeug um einen Betrag, der kleiner ist als die Breite der Segmente weitergedreht wird. Dadurch wird erreicht, daß alle Umfangsbereiche möglichst gleichmäßig gehont werden.

Es ist aber möglich, entsprechend Fig. 3 mehrere Segmente in Axialrichtung hintereinander zu schalten und dort jeweils die Zwischenräume 20 zwischen den Segmenten versetzt anzuordnen. Bei entsprechender Wahl der unterschiedlichen Zwischenraumbreiten kann auch ohne Weiterdrehung eine gleichmäßige Bearbeitung erfolgen.

Es ist ferner möglich, gemäß Fig. 4 die Segmente mit schräg angeordneten Zwischenräumen 20 oder mit pfeilförmigen Nuten aufzubauen, wodurch sich auch eine verbesserte Späneabfuhr im Bereich der Zwischenräume ergibt.

Die erfundungsgemäß bearbeiteten Zylinderlaufflächen sollten bevorzugt mit Kolbenringen 30 zusammenarbeiten, die auf einem üblichen Eisen-Gußmaterial mit einer Härte von z. B. 60—70 HRC eine Beschichtung 31 (Fig. 5) aufweisen.

Als Beschichtungsmaterialien sind insbesondere Niob, Wolfram und Zirkon bevorzugt, Titan und Tantal wären ebenfalls gut geeignet, während die Elemente Iridium, Palladium und Platin zwar vorteilhafte Eigenschaften zeigen, jedoch sehr teuer sind.

Bei der Materialwahl sollte vor allem auf antihafende und reaktionsträge Eigenschaften geachtet werden, damit sich einerseits Öl- und Ölkarbide nicht ansetzt und die Bildung von Metall-Karbonylen verhindert wird. Diese würden einerseits das Metall abtragen und wären andererseits Schadstoffe.

Obwohl die Härte der Kolbenring-Beschichtung üblicherweise größer ist als die der Zylinderlaufflächen (Niob bei 49 HRC, Zirkon bei 60 HRC und Wolfram bei 72 HRC), entsteht doch ein gewisser Einschleifvorgang, bei dem sich die beiden zusammenarbeitenden Oberflächen aneinander anpassen. Wenn vorzugsweise auch die Oberfläche der Kolbenringe eine Schlußbearbeitung in Axialrichtung, beispielsweise durch Axial-Außenhonen im Paket, erhält, dann ergibt sich nach kurzer Einlaufzeit eine ideale Anpassung, so daß schon bei geringer Ölfilmdicke ein hydraulisches Tragen und damit eine Verschleißfreiheit erreicht wird.

Auch bei härteren Kolbenlaufbahnen, beispielsweise durch Bohrnitritzusätze im Material oder ein Einbetten von Siliciumkörnern in eine Nickelbeschichtung, wirkt die Beschichtung vorteilhaft.

Die Beschichtung erfolgt im Vakuum durch eine Plasma-Beschichtung mit Lichtbogen, d. h. eine sogenannte Target-Beschichtung.

Ein solches PVD-Arc-Verfahren arbeitet wie folgt:

Die Werkstücke werden auf einem Halterungssystem 65 in die Bearbeitungskammer gebracht. Hierauf wird in der Kammer ein Hochvakuum erzeugt. Dann wird die Beschichtung auf eine Temperatur von 200°C bis 400°C

aufgeheizt und durch "Sputtern" eine intensive Reinigung der Werkstücke vorgenommen. Im Anschluß verdampft ein Lichtbogen die Kathode (Target). Durch diesen Prozeß findet eine Umwandlung des Kathodenmaterials vom festen in einen hochenergisch geladenen Ionenstrom statt. Das ionisierte Material aus Zirkon, Niob oder anderen Metallen schlägt sich in Verbindung mit dem eingelassenen Reaktivgas (Stickstoff) auf den Werkstücken nieder und verbindet sich mit dem Trägerwerkstoff.

Der Vorteil dieses PVD-Verfahrens (physikalische Abscheidung aus der Dampfphase) gegenüber dem CVD-Verfahren (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) besteht darin, daß beim PVD-Verfahren eine Abscheidung vom Hartstoff schon zwischen 200°C bis 400°C erfolgt, während das CVD-Verfahren für die chemische Reaktion Temperaturen von 800°C bis 1100°C erfordert und bezüglich Härte, Verzug etc. weniger vorteilhafte Ergebnisse liefert.

Auch das Flammenspritzverfahren erscheint für bestimmte Anwendungen brauchbar, aber es ist wegen durchgängiger Porosität, mangelnder Haftung und rauer Oberfläche nachteiliger. Ferner ermöglicht es keine Aufbringung von Innenflächen und erfordert aufwendige Nacharbeit.

Die Schichtdicke beträgt nur wenige µm, z. B. zwischen 5 und 15 µm, vorzugsweise 8 µm. Die Beschichtung kann auf allen Kolbenringtypen vorgesehen sein. Üblicherweise sind bei einem KFZ-Motor axial drei Kolbenringe hintereinander angeordnet, und zwar, vom Verbrennungsraum aus betrachtet, zuerst ein balliger Ring, danach ein sogenannter Minutenring, der eine sich vom Verbrennungsraum aus erweiternde Schrägstellung in der Größenordnung von Winkelminuten hat und danach ein mit einer Mittelnut versehener Ölabbreitring. Wegen der hervorragenden Eigenschaften sowohl des Ringes als auch der entsprechend vorbereiteten Lauffläche kann ggf. auf einen dieser Ringe verzichtet werden. Die Beschichtung hat noch den Vorteil, daß sie eventuelle Unebenheiten der Kolbenringoberfläche ausgleicht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Honen von Zylinder-Innenflächen, insbesondere in Arbeitszylindern (13) von Kraft- und Arbeitsmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß das Honen als Axialhonen ohne wesentliche Bearbeitungsbewegung in Umfangsrichtung durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Axialhonen-Arbeitsgang einem Honarbeitsgang mit Axial- und Umfangs-Bearbeitungsbewegung nachgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Axialhonen bei Zylinder-Innenflächen verwendet wird, die im Betrieb mit Kolbenringen (30) zusammenarbeiten und vorzugsweise mit Schmiermittel versorgt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit axialen Bearbeitungsgeschwindigkeiten zwischen 10 und 50, vorzugsweise 15 bis 30 m/min und mit Umfangsgeschwindigkeiten unter einem m/min, vorzugsweise unter 0,1 m/min, gearbeitet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Axialhonen ein Honwerkzeug (15) nach einer Anzahl

axialer Bearbeitungshübe, ggf. mehrfach, und vorzugsweise unter Entlastung vom Bearbeitungsdruck, in eine andere Umfangsposition gebracht wird.

6. Honwerkzeug mit anstellbaren, mit Schneidbelägen (21) versehenen Schneidbelagträgern (19), dadurch gekennzeichnet, daß es zum Axialhonen ausgebildet ist und Anpassungsmittel zur Anpassung der Umfangskontur der Schneidbeläge an die Kontur der zu bearbeitenden Flächen aufweist. 5

7. Honwerkzeug nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß es zum Axial-Innenhonen ausgebildet ist. 10

8. Honwerkzeug nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpassungsmittel eine elastische Ausbildung der Schneidbelagträger (19) umfassen, die vorzugsweise so abgestimmt ist, daß über die Trägerfläche im wesentlichen gleiche Bearbeitungsdrücke vorliegen. 15

9. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 8, 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbelagträger (19) großflächige Honsegmente sind und jeweils mehr als ein Achtel, vorzugsweise mehr als ein Fünftel, des Honwerkzeug-Umfanges einnehmen, wobei vorzugsweise Lücken (20) zwischen 25 den Schneidbelagträgern (19) wesentlich schmäler sind als die Umfangsabmessungen der Honsegmente.

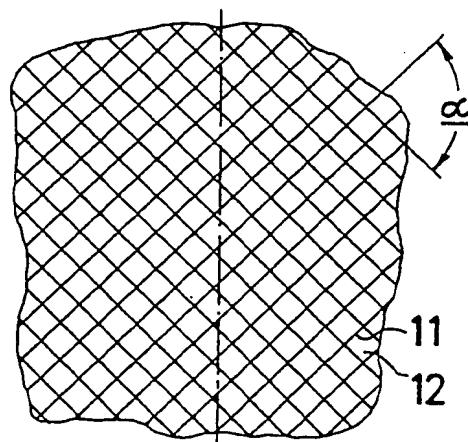
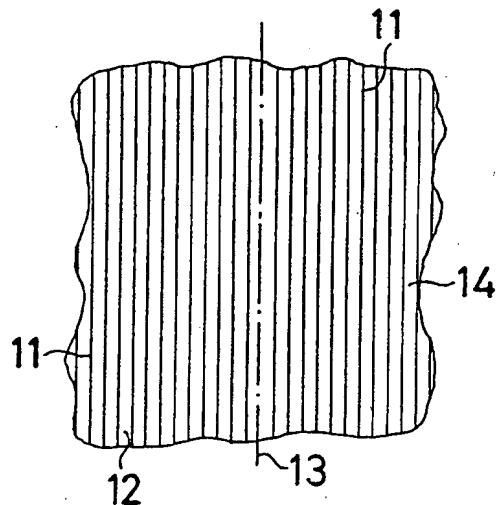
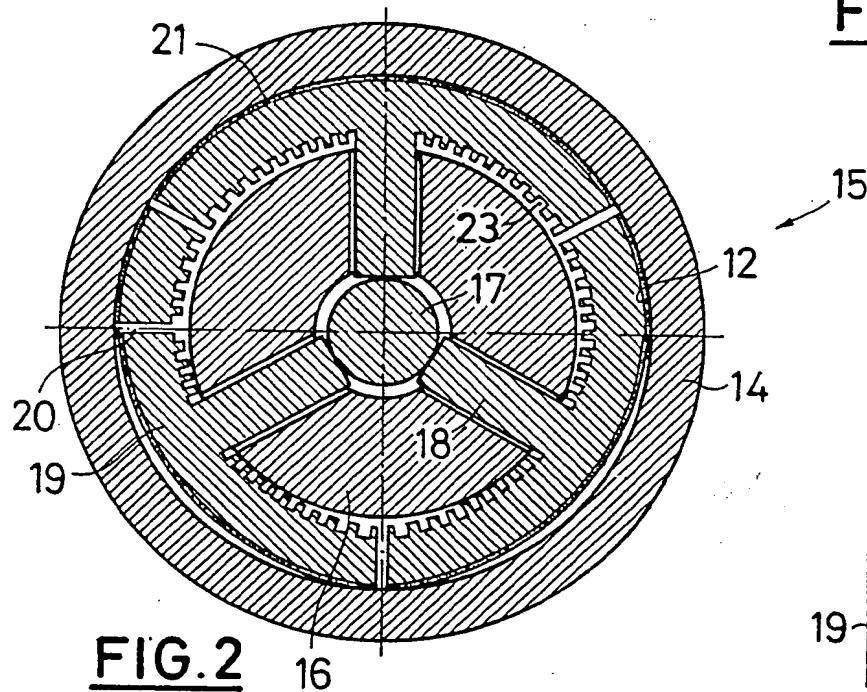
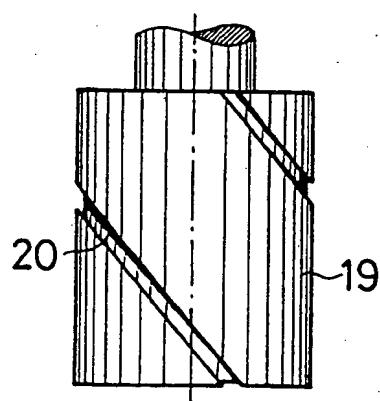
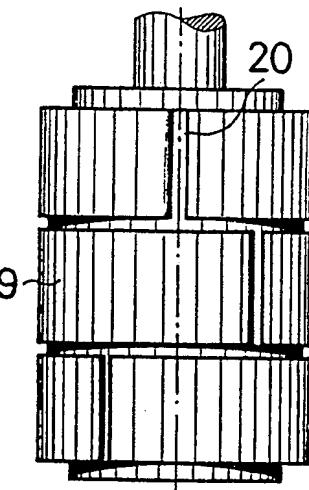
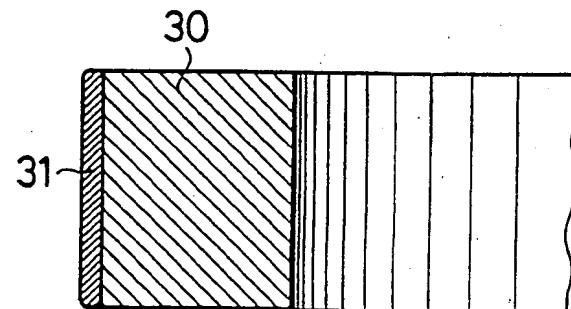
10. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbelag- 30 träger (19) durch Einschnitte an der den Schneidbelagträgern abgewandten Seite der schalenförmigen Honsegmente elastisch ausgebildet sind.

11. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Lücken zwischen 35 den Schneidbelagträgern (19) schräg zur Achsrichtung verlaufen.

12. Honwerkzeug nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Gruppen von Schneidbelagträgern (19) in Achs- 40 richtung hintereinander angeordnet sind, wobei die in Umfangsrichtung zwischen den Schneidbelagträgern (19) je einer Gruppe vorgesehenen Lücken gegenüber denen der anderen Gruppe in Umfangsrichtung gegeneinander versetzt sind. 45

13. Zylinder, insbesondere Arbeitszylinder für Kraft- und Arbeitsmaschinen, besonders Verbrennungskraftmaschinen, mit einer Innenfläche, die weit überwiegend in Axialrichtung verlaufende Honspuren (11) aufweist. 50

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1aFIG. 1bFIG. 2FIG. 3FIG. 4FIG. 5